被覆材料應用於簡易溫室之光線穿透特性與降溫效能研究

黃國祥[1], 徐武煥[1], 林木連[2], 姚銘輝[3]

[1]行政院農委會農業試驗所 助理研究員
[2]行政院農委會農業試驗所 研究員兼組長
[3]行政院農委會農業試驗所 研究員

摘要

為試驗簡易設施運用透明塑膠布材料及遮蔭網材料所產生之光線穿透特性與降溫效能，本研究於4棟溫室，以不同的處理加以比較試驗，於2013年8月量測結果顯示，簡易溫室內部光合作用有效輻射量，因塑膠布材料之阻擋而不同，與外界值比較則PEP2塑膠膜降為0.73倍、高折射膜降為0.68倍、PEP1塑膠膜加遮蔭網降為0.21倍、KoolLite降溫膜降為0.42倍。在溫度方面，相較於PEP2塑膠膜，則高折射膜降低1.6℃，PEP1塑膠膜加遮蔭網降低2℃，KoolLite降低4.2℃，所以，使用KoolLite降溫膜應用於簡易蔬菜設施確實有降溫效果，比現行PEP塑膠膜溫室加蓋遮蔭網之模式為佳。

關鍵詞：溫室被覆材料；設施栽培；光合作用有效輻射。

一、前言

國內設施蔬菜產業，為考量成本，以簡易溫室栽培，但於日照強烈時，呈現熱累積現象，設施內部溫度遠較外界高，成為栽培作業之阻力，亦有可能於定值初期傷害作物。因太陽輻射透過覆蓋進入溫室乃最大熱獲得的來源。輻射的進入與否，可以使用遮蔽或反射的方法加以控制（蔡與吳，2010）。施用遮蔭化合物在溫室覆蓋上能降低太陽光譜中負責提升溫室內熱能的紅外線部分(ASHRAE,1978)。於台灣地區曾引進降溫塗佈材料TransPAR遮陰漆並進行塗佈特性試驗試用結果指出，塗佈遮陰漆之溫室內氣溫較對照溫室低，顯示可達到降溫成效，但因台灣屬於多雨環境，施用於溫室屋頂外側之遮陰漆於1個半月左右即失去降溫效果（黃等人，2010）。而且遮陰漆真正的問題在於“完全或無”之遮蔽方式，因其不像遮蔭網一樣在高與低陽光狀況下可關(收網)與開(張網）（蔡，2009）。

目前業者使用加蓋外部遮蔭網為常用模式，但僅使用於栽培定植初期，以免過度遮光影響生長，於蔬菜栽培中期，即需去除遮蔭網。所以，應用可降溫之透光塑膠布應用於溫室，評估其降溫成效與經濟效益，是本試驗目的。

有一種KoolLite降溫膜，與一般pep塑膠膜進行比較，KoolLite特殊膜添加了一種具有珍珠光彩般的色料（與保溫性塑膠膜不同），能選擇性的反射部份NIR近紅外線，據稱最大可降6-7 ℃。另有一種UV2798A高折射膜，由其產品之光穿透曲線可發現，具有濾除部分近紅外線之功效，因此本試驗選用上述2項產品，以及設施蔬菜生產業者常用之遮蔭網，加以試驗比較。

二、材料與方法

選定4棟相鄰而建且獨立分開之簡易蔬菜設施（圖1）進行塑膠布材料及遮蔭網施用之降溫成效試驗，各棟長度12 m，寬度7 m，半圓弧形屋頂，最高處4.5 m。此種簡易溫室以栽種十字花科葉菜為主，於7-8月夏季栽培期間試驗，設施屋頂為密閉，無任何耗能降溫設備，僅將前後門及兩側塑膠布於開啟，但仍有塑膠網，兼具通風與防蟲之效。試驗時溫室環境維持一致並種植相同品項葉菜。

在量測設備方面使用 Decagon 公司之氣象資料收蒐集器（Em50 Datalogger），設施內外裝設溫濕度感測器與光合作用有效輻射計（PAR，μmol/m^2/s）以量測其值並由蒐集器設定每 10 分鐘記錄 1 次數據。為避影響設施栽培作業，蒐集器與感測器安裝於設施內容橫樑，距地高度約 2.5 公尺。整體安裝配置與對應之透明塑膠布材料及遮蔭網材料如圖 2 所示。為配合蔬菜栽培作業，試驗期程規劃如表 1 所列。

三、結果

(一)降溫成效比較

4 種被覆處理包括 PEP2 塑膠膜、高折射膜塑膠布、PEP1 塑膠膜加遮蔭網及 KoolLite 降溫膜，以 8 月 10~12 日（第 2 期量測）之溫度圖（圖 3）為例，在側窗開啟情況下，KoolLite 降溫膜有明顯降溫效果，其效能比可一般 pep 塑膠膜加蓋遮蔭網之處理更佳，若只比較該 3

圖 1 簡易蔬菜設施

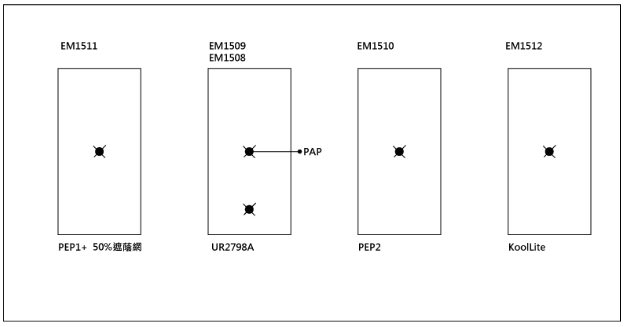

圖 2 試驗配置

表 1 栽培作業與試驗時間規劃

期程	栽培作業	試驗
清園	清除植物殘株四周雜草等	
整地	將地耕鬆做畦	
準備	封閉曬土	
定植	移植穴盤苗（短期葉菜：黑葉白 、 青江 、蚵仔白 、翠綠白 、油菜 ）	
定植後	管理與每日澆水	第 1 期：量測 4 棟皆加遮蔭網
定植後	管理與每日澆水	第 2 期：量測 PEP1 棟加遮蔭網，其餘去除遮蔭網
定植後	管理與每日澆水	第 3 期：量測 4 棟皆去除遮蔭網

日中午時間（11~13 時）之平均溫度差異，若只比較該 3 日中午時間（11~13 時）之平均溫度，以 PEP2 為 41℃ ，高折射膜降 39.4 ℃，PEP1 塑膠膜加遮蔭網 39℃，KoolLite 為 36.8℃。而到了夜間，各溫室皆降溫至相同的溫度。

另外本實驗於高折射膜塑膠布溫室裝上2組感測儀器於不同位置，由溫度量測值顯示，即使是4m的安裝差距，溫度值仍有1.4℃差異。事實上以自然通風方式降溫之設施，空氣的對流對於內容溫度亦有影響，所以，離外界不同的距離，溫度亦會有不同的數值。

(二)光合作用有效輻射量比較

圖 4 為光合作用有效輻射量測量值，若只計算 8 月 10 ~12 日中午時間（11~13 時）之量測值與外界比較值，則 **PEP**2 塑膠膜降為 0.73 倍、高折射膜降為 0.68 倍、**PEP**1 塑膠膜加遮蔭網降為 0.21 倍、KoolLite 降溫膜降為 0.42 倍，此可解釋 KoolLite 降溫膜並非單純由阻檔太陽光線進入溫室比例而降溫。光合作用有效輻射量的多寡與太陽光的日照強度有關，日照強度亦影響溫室內外溫度，所以，由圖 5 顯示在多雲的天氣，日照強度起伏變化，各試驗溫室內部溫度差異縮小。

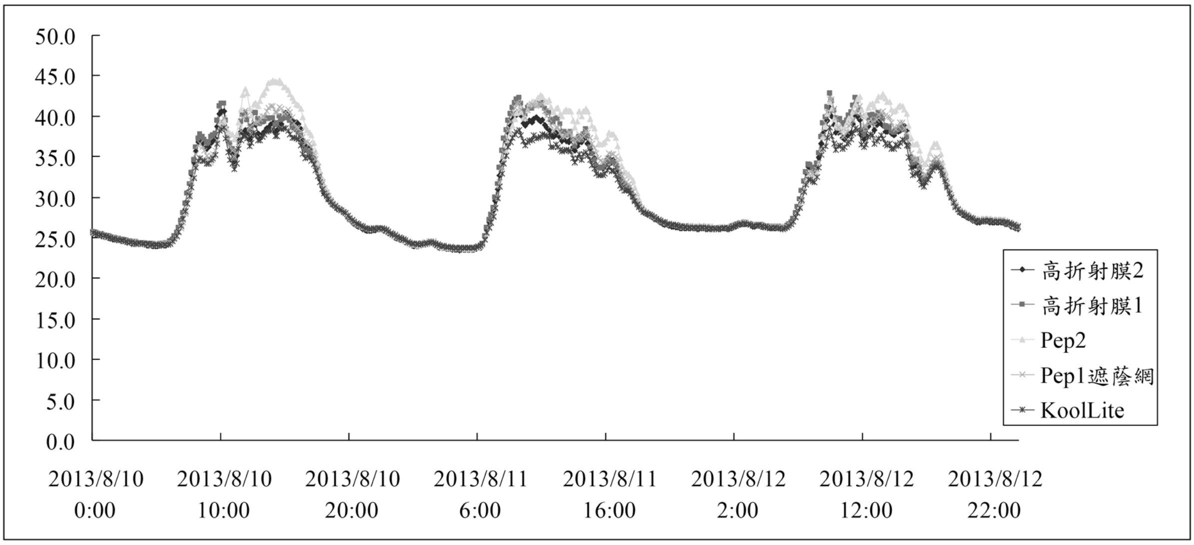

圖 3 不同被覆處理之溫室內部溫度值（8/10-12 日）

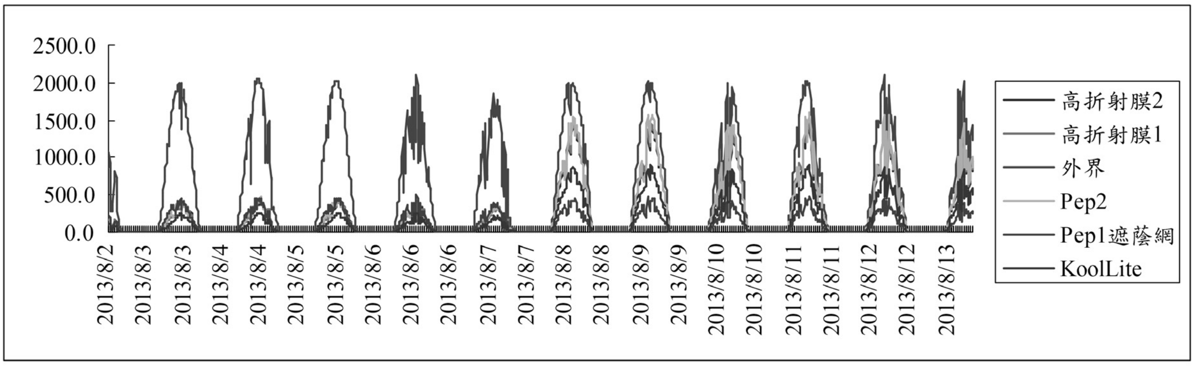

圖 4 不同被覆處理之光合作用有效輻射測量

四、討論

(一)使用 KoolLite 降溫膜應用於簡易蔬菜設施確實有降溫效果，而且並非單純由阻檔太陽光線進入溫室比例而降溫，此模式比現行使用加蓋遮蔭網之模式降溫為佳。

(二)高折射膜無降溫效果，依據其產品標示俱備增加設施進光量之功能，惟目前依照本試驗之設備量測，並未顯示本項功能。但初步試驗於冬季有縮短收穫天數之成效。所以，其所造成之作物生理反應仍須進一步試驗。

(三)由各項塑膠布材料成本比較（表 2），相較於 PEP 膜，高折射膜價格相近，耐用年限皆為 3~5 年，而 KoolLite 降溫膜成本為 4-5 倍，是否值得選用，仍須評估其經濟效益。

參考文獻

1. 黃國祥、蔡致榮、姚銘輝、徐武煥。2011。施用遮陰漆於蔬菜設施之穿透光譜與降溫成效分析。台灣生物機電學會100年年會。論文編號No.F14。
2. 蔡致榮。2009。栽培環境調控與植物健康管理農。出自”2009花卉健康管理研討會專刊”，49-78。台中：農業試驗所特刊第143號。

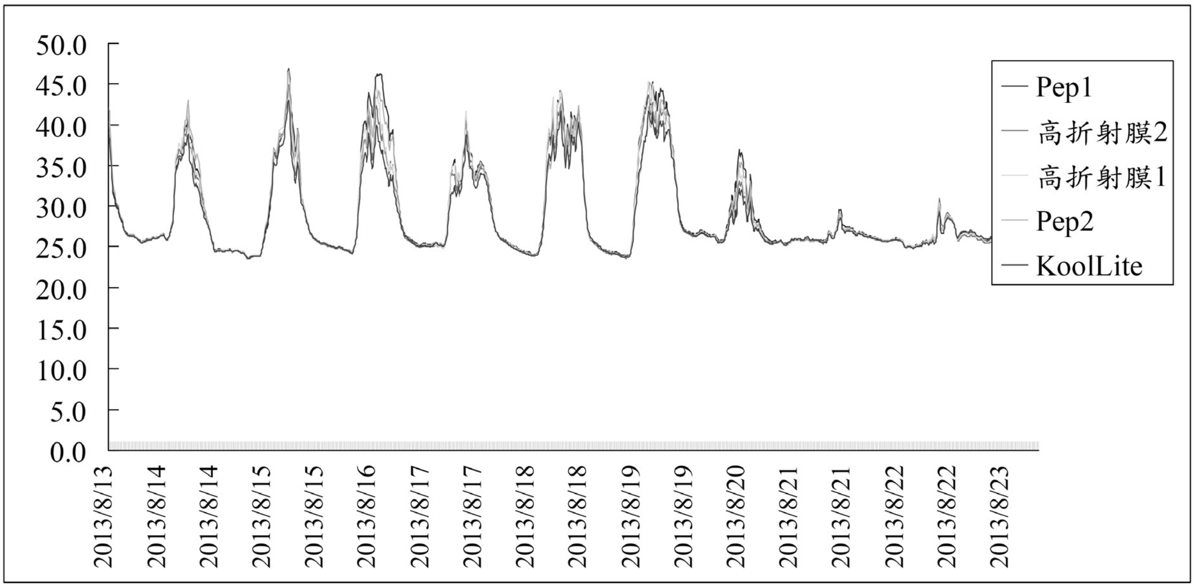

圖 5 第 3 期量測之 8/13-23 連續溫度呈現

表 2 被覆材料價格與使用年限比較

材料	價格比較（每平方米）	使用年限（年）
PEP 一般膜		3-5（年）
高折射膜	略高於 PEP 一般膜 10％	3-5（年）
KoolLite 降溫膜	PEP 一般膜之 4-5 倍	未知
TransPAR 遮陰漆	PEP 一般膜之 60％	1.5-3 月

3. 蔡致榮、吳有恒。2010。農業設施節能技術與系統研發。出自”農業工程與節能減碳學術研討會專刊”，38-69。台中：農業試驗所特刊第150號。
4. ASHRAE, 1978. Application Hand Book, Environmental Control for Animals and Plants, New York, p.16 (Chapter 22).

Light Penetration Characteristics and Cooling Effectiveness for Coating Material Used in Greenhouse

Guo-Shiang Hwang[1], Wu-Huan Hsu[1], Ming-Hwi Yao[2], Mu-Lien Lin[3]

[1] Assistant Agricultural Engineer, Taiwan Agricultural Research Institute, COA
[2] Senior Agricultural Engineer, Taiwan Agricultural Research Institute, COA
[3] Senior Agricultural Engineer & Division director, Taiwan Agricultural Research Institute, COA

Abstract

For the testing light penetration characteristics and cooling effectiveness for coating material used in greenhouse that vegetables Protected culture. This study is to compare different treatment in four greenhouses. In August 2013, the measured results show that Plastic films of different materials to get a different amount of photosynthetically active radiation into the greenhouse. PAP value compared with the outside world is reduced to 0.73 times for PEP2 plastic film, high-refractive film reduced to 0.68 times, PEP1 plastic film with shade net reduced to 0.21 times and KoolLite cooling film reduced to 0.42 times. About the temperature, compared to PEP2 plastic film, then the high-refractive film reduces 1.6℃, PEP1 plastic film with shade net decrease 2℃, KoolLite reduces 4.2℃. So, KoolLite cool film used for greenhouse of vegetable facility does have the cooling effect batter than the greenhouse use PEP plastic film with shade net.

Keywords: Greenhouse covering material, Protected culture, Photosynthetically active radiation (PAR).